

ZEMİN MEKANİĞİ

BÖLÜM: 11 ZEMİNİN KONSOLİDASYONU

Zeminin boşlukları, suya doygun duruma geldikten sonra, tanelerin birbirine yaklaşması buradaki suyun sızmasına bağlıdır. Sızma hızı çok düşük olduğu için söz konusu sıkışma uzun bir zaman boyunca devam eder. Bu bakımdan zeminin boşluklarında bulunan havanın yerine, tanelerin kayması ile meydana gelen hacimsel azalmaya sıkışma, boşluklarda bulunan suyun sızmasına bağlı olarak meydana gelen hacim azalmasına da konsolidasyon denir. Hacimsel azalma gösteren zeminin üzerindeki yapı oturur.

Zeminin sıkışması çoğunlukla inşaat sırasında meydana gelir veya özel araçlar kullanılarak yapılır. Konsolidasyon nedeniyle meydana gelen oturma sonunda yapıların statik dengesinin bozulmaması gerekir.

11.1. Konsolidasyon Teorisi

Zeminde bulunan suyun sızması sırasında boşluk suyu basıncı azalır. Boşluk basıncında meydana gelen azalma, tanelere iletilir. Söz konusu azalma kadar, tanelerin efektif basıncı artar ve bunun bir sonucu olarak zeminin taneleri birbirine yaklaşır. Uygulanan basınç, efektif basınca eşit olana kadar konsolidasyon olayı devam eder. Herhangi bir noktadaki konsolidasyon basıncının denge durumu, aşağıda verilen ilişki ile ifade edilebilir.

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + u$$

İlişkide:

$\Delta\sigma$ = Konsolidasyon basıncı

$\Delta\sigma'$ = Effektiv basınçdaki artış

u = Gözenek basıncındaki artış

11.1.1. Konsolidasyonun ilerlemesi

Temel zemine etki eden toplam basınç miktarı sabit olduğuna göre herhangi bir noktadaki **konsolidasyon miktarı, boşluk suyu basıncının azalışına bağlı olur**. Konsolidasyon sırasında doygun durumda bulunan zeminlerden sızan su miktarı, zemine giren sudan daha fazla olduğu için boşluk suyu basıncı akım ağı tekniği ile belirtilemez. Sabit bir basıncın etkisi altında bulunan zemin katmanında konsolidasyonun ilerleyişi şekil de gösterildiği gibi piyezometrelerdeki su seviyelerinin değişmesi ile belirtilebilir.

Piyezometreler başlangıç noktasından (a) itibaren yatay ve düşey uzaklıkları eşit olarak yerleştirildiği durumda, su seviyeleri aynı izokron (eş basınç çizgisi) üzerinde bulunur. Başlangıç noktasından herhangi bir d uzaklığındaki hidrolik eğim, eş basınç çizgisinin aynı noktadaki eğimine eşittir. Eş basınç çizgisi eğiminin derece derece arttığı yere kadar suyun akışı yukarıya doğru, eş basınç çizgisi eğiminin giderek azaldığı yere karşılık olan noktalardaki suyun akışı aşağı doğru olur.

Konsolidasyon, suyun katmanı terk ettiği yüzeylerden iç tarafa doğru ilerler. Bunun için ilk aşamasında katmanın ortasında bulunan piyezometredeki suyun seviyesi C_1 eş basınç çizgisinde görüldüğü gibi değişmez. Buna karşılık konsolidasyonun ileri aşamasında, piyezometredeki su seviyesi C_2 ile gösterilen eş basınç çizgilerine kadar alçalır. Zeminin boşluklarında bulunan su tamamen sızdığı durumda, eş basınç çizgisi yatay bir doğru haline gelir.

Basıncın etkisi altında bulunan suyu alt ve üst yüzeylerinden dışarı sızan katman, açık olarak adlandırılır ve konsolidasyon hızının saptanmasında $2H$ ile gösterilir. İçerisinde bulunan suyu tek yüzeyden sızdıran katman yarı açık olarak adlandırılır ve bu katmanın kalınlığı ilgili problemlerin çözümünde H ile gösterilir. Açık ve yarı açık katmanlarda, konsolidasyonun ilerleyişi Şekil de gösterilmiştir.

Basıncın etkisi altında bulunan ve çok kalın olmayan açık bir katmanın her iki yüzeyinden başlayarak yeknesak bir hızda konsolidasyon meydana gelir (Şekil a).

11.2. Basınç İle Boşluk Oranı Bağıntısının Belirtilmesi

Konsolidasyon hızını saptayabilmek için temel zeminindeki boşlukların, basınçla değişimini belirtmek gerekir. Uygulanan bir basınçla boşluk hacminin değişimini, **konsolidometre veya odyometre** denen alet yardımı ile belirtilir .

Konsolidasyon deneyinde basınçlar daima, birer kat artırılır (0.25, 0.50, 1.2, 4 ve 10 kg/cm²). Uygulanan her bir basınç altında 24 saat beklenerek örneğin konsolidasyonu sağlanır. Bu sürede belli zaman aralıklarında (0.25', 0.5', 1', 2', 4', 8', 15', 30', 60', 120', 240', 480', 960' ve 1440 dak) örnek boyunda meydana gelen kısaltmalar konsolidometre aletinin mikrometresinden okunur.

Zemin örneğinin en büyük, yani 10 kg/cm² basınçta konsolidasyonu sağlandıktan sonra, uygulanan **basınçlar** aynı aralıklarla **kaldırılır** ve örneğin su olarak **kabarması sağlanır**. Konsolidasyon basınçlarının uygulanması tamamlandıktan sonra, zemin örneğinin kuru ağırlığa göre nem miktarı saptanır.

Uygulanan her bir basınçtan tam konsolidasyon sağlandıktan sonra, zeminin gözenek oranı ile basınçların değişimi bir grafik ile belirtilir.

Her bir **basınç** kademesi için saptanan **gözenek oranı**, normal eşelde uygulanan basınçlar da logaritmik eşelde alınır, boşluk oranı ile basıncın **değişim eğrisi bir doğru** haline getirilir.

11.3. Sıkışma Katsayısı ve Hacimsel Sıkışma Modülü

Sıkışma katsayısı, birim basınç artışına karşılık boşluk oranında meydana gelen azalmayı gösterir. Konsolidasyon deneyi sonuçlarına göre elde edilen e-log p eğrisinin eğimi, sıkışma katsayısı (a_v) olarak adlandırılır. Sıkışma katsayısı, aşağıda verilen ilişkiye göre ifade edilebilir.

$$a_v = \frac{\Delta e}{p_{n-1} - p_n} = \frac{-\Delta e}{p}$$

İlişkide:

a_v = Sıkışma katsayısı

e = Gözenek oranı

P = Basınç

Uygulanan basınç altında meydana gelen sıkışma (s) aşağıda verilen ilişkiye göre ifade edilebilir.

$$S = \frac{a_v}{1 + e_1} \Delta p \cdot H_1$$

İlişkilerde:

s = Oturma miktarı

a_v = Sıkışma katsayısı

e = Gözenek oranı

p = Basınç

H = Örneğin kalınlığı

11.4. Konsolidasyon Hızının belirtilmesi

Zeminler genellikle **homojen olmayan** bir yapı gösterdikleri için konsolidasyon hızını veren matematiksel ilişkinin elde edilmesinde, aşağıda belirtilen **varsayımların** yapılması zorunlu olmaktadır.

1. Konsolidasyonun etkisi altında bulunan katman, homojen bir permeabilite göstermektedir.
2. Herhangi bir basınç artışında (Δp) meydana gelen oturma miktarı, katmanın kalınlığı ve basınç artışı ile doğru orantılıdır.
3. Katmanın içindeki su, sadece düşey doğrultuda hareket eder.
4. Oturma süresi, daha çok zeminin permeabilitesine bağlıdır.
5. Zemin tanelerinin giderek gerilmelere uyması ve adsorbsiyonun meydana geldiği kısımlarda, viskozitenin kaymaya karşı koyması ihmal edilebilir.